



## Vehicle drive train hollow shaft has piezo-based vibration damping device rigidly attached to hollow drive shaft to damp vibrations generated in shaft

**Patent number:** DE10042617  
**Publication date:** 2001-03-08  
**Inventor:** DUGGAN JAMES A [US]  
**Applicant:** DANA CORP [US]  
**Classification:**  
- international: F16F15/18  
- european: F16F15/00P  
**Application number:** DE20001042617 20000830  
**Priority number(s):** US19990386244 19990831

### Also published as:



JP2001145850 (A)  
CA2316757 (A1)

### Abstract of DE10042617

The hollow shaft has a device (30) operating on a piezo basis that is rigidly attached to the hollow drive shaft (18) to damp vibrations generated in the shaft. The damping device is made of piezoelectric material and is in the form of an electric circuit containing a resistive element. The circuit can contain a resistive element and an inductive element. An Independent claim is also included for a vehicle drive train arrangement.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 42 617 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**F 16 F 15/18**

⑲ Aktenzeichen: 100 42 617.4  
⑳ Anmeldetag: 30. 8. 2000  
㉑ Offenlegungstag: 8. 3. 2001

**DE 100 42 617 A 1**

③① Unionspriorität:  
386244 31. 08. 1999 US

⑦① Anmelder:  
Dana Corp., Toledo, Ohio, US

⑦④ Vertreter:  
Berendt und Kollegen, 81667 München

⑦② Erfinder:  
Duggan, James A., Temperance, Mich., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Fahrzeugantriebsstranganordnung mit einer Einrichtung auf Piezobasis zur Schwingungsdämpfung

⑤⑤ Es wird eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung beschrieben, die an einer Antriebshohlwelle oder einer anderen Komponente einer Antriebsstranganordnung angebracht oder vorgesehen ist, um die Größe von Schwingungen zu reduzieren, die während des Betriebs erzeugt werden. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung wird eingesetzt, um diese Schwingungen dadurch zu dämpfen, daß die physikalische Schwingungsbewegung der Antriebshohlwelle in einen elektrischen Strom umgewandelt wird, welcher von einem Widerstandselement als Wärme dissipiert wird. Durch Variieren der Größe des Widerstandselements läßt sich die mittlere Dämpfungsfrequenz der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung gegebenenfalls unter Berücksichtigung von speziellen Eigenheiten der Antriebshohlwelle und der Antriebsstranganordnung variieren. Gegebenenfalls kann ein induktives Element in Verbindung mit dem Widerstandselement vorgesehen sein, um den elektrischen Strom zu dissipieren. Die Größe des Widerstandselements kann durch eine Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der Größe und/oder Frequenz der Schwingungen gesteuert werden, die mittels eines Sensors erfaßt werden. Alternativ kann die Steifigkeit der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung durch einen elektrischen Stromgenerator gesteuert werden, welcher durch eine Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der Größe und/oder Frequenz der Schwingungen gesteuert wird, die mittels einer Sensoreinrichtung erfaßt werden. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung ...

**DE 100 42 617 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich allgemein mit Auslegungsformen zum aktiven und passiven Dämpfen von Schwingungen bei einer Fahrzeugantriebsstranganordnung. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Einrichtung auf Piezobasis, welche in einer Antriebshohlwelle (Rohr) in einer Fahrzeugantriebsstranganordnung angebracht oder auf andere Weise befestigt ist, um Torsions- und Lateralschwingungen aktiv und passiv zu reduzieren, welche im Gebrauchszustand erzeugt werden.

Drehmomentübertragende Wellen werden häufig zur Übertragung von Drehenergie zwischen einer Drehenergiequelle und einer drehbar anzutreibenden Einrichtung eingesetzt. Ein bekanntes Beispiel ist eine drehmomentübertragende Welle in Form einer Antriebshohlwelle (Antriebswellenrohr), welche bei einer Fahrzeugantriebsstranganordnung zum Einsatz kommt. Die Fahrzeugantriebsstranganordnung überträgt die Drehenergie von einer Quelle, wie einer Brennkraftmaschine oder einer Getriebeanordnung, auf eine anzutreibende Komponente, wie eine Achsanordnung, welche ein Paar von angetriebenen Rädern hat. Eine typische Fahrzeugantriebsstranganordnung umfaßt eine hohle, zylindrische Antriebswelle in Form eines Rohrs, welche einen Längsanschluß hat, welcher jeweils fest mit dem zugeordneten Ende verbunden ist. Allgemein sind die Endanschlüsse in Form von Gabelköpfen ausgelegt, welche derart beschaffen sind, daß sie mit zugeordneten Universalgelenken (Kardangelenken) zusammenarbeiten. Antriebsstranganordnungen dieser allgemeinen Bauart werden häufig eingesetzt, um eine Drehantriebsverbindung zwischen einer Ausgangswelle des Fahrzeugmotors und der Getriebeanordnung und einer Eingangswelle einer Achsanordnung herzustellen, welche die Fahrzeugräder drehantreibt.

Eine Schwierigkeit, welche bei Fahrzeugantriebsstranganordnungen und anderen rotierenden Einrichtungen auftritt, ist darin zu sehen, daß die Tendenz zur Schwingungserzeugung während des Betriebs vorhanden ist, wodurch unerwünschte, hörbare Geräusche erzeugt und übertragen werden. Auch ist es bekannt, daß alle mechanischen Körper eine natürliche Resonanzfrequenz haben, bei welcher sie zu Eigenschwingungen angeregt werden, wenn sie bei gewissen Drehzahlen betrieben werden. Die natürliche Resonanzfrequenz ist eine innere Eigenschaft des mechanischen Körpers und hierauf haben viele Größen Einfluß, welche beispielsweise die Zusammensetzung, Abmessungen und die Gestalt mit umfassen. Bei Fahrzeugstranganordnungen können die Brennkraftmaschine und die Getriebeanordnungen manchmal Schwingungen erzeugen, die zu der Antriebshohlwelle übertragen und hierdurch verstärkt werden, wenn diese eine Drehbewegung ausführt. Auch kann die Antriebshohlwelle selbst mit einer solchen Drehzahl eine Drehbewegung ausführen, welche in der Nähe der natürlichen Resonanzfrequenz (oder einer oder mehreren Harmonischen hiervon) liegt, wodurch Schwingungen verursacht und in die Antriebshohlwelle eingeleitet werden. Auf jeden Fall können die bei einer Antriebshohlwelle erzeugten Schwingungen zur Erzeugung von hörbaren Geräuschen führen. Derartige Geräusche sind im allgemeinen aber aus den verschiedensten Gründen unerwünscht.

Verschiedene Versuche wurden unternommen, um die während des Betriebs durch eine Fahrzeugantriebshohlwelle erzeugten Geräusche zu reduzieren. Beispielsweise hat es sich als erwünscht erwiesen, ein oder mehrere geräuschdämpfende Einrichtungen in dem hohlen Antriebswellenrohr vorzusehen, um einige der während des Einsatzes erzeugte Geräusche zu absorbieren. Bekannte geräuschreduzierende Einrichtungen wurden aus vielen Materialien her-

gestellt, welche Karton, Schaum und dergleichen umfassen. Obgleich an sich bekannte geräuschreduzierende Einrichtungen relativ einfach ausgelegt sind, billig herzustellen und einfach einzuhauen sind, hat es sich aber gezeigt, daß diese nur eine relativ durchschnittliche Wirkung bei der Reduktion von Geräuschen bei einigen Fahrzeugantriebshohlwellen haben. Daher ist es erwünscht, eine fortentwickelte Auslegung bereitzustellen, um die Schwingungsstärke und die Geräuschstärke zu reduzieren, welche während des Betriebs bei einer Fahrzeugantriebsstranganordnung erzeugt werden.

Die Erfindung befaßt sich mit einer fortentwickelten Ausführungsform zur Reduzierung von Schwingungen und Geräuschen, welche während des Betriebs in einer Fahrzeugantriebsstranganordnung erzeugt werden. Eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung ist an einer Antriebshohlwelle oder einer anderen Komponente der Antriebsstranganordnung angebracht oder befestigt. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung wird eingesetzt, um die Schwingungen dadurch zu dämpfen, daß die physikalische Schwingungsbewegung der Antriebshohlwelle in einen elektrischen Strom umgewandelt wird, welcher durch ein Widerstandselement zu Wärme dissipiert. Durch Variation der Stärke des Widerstands des Elements läßt sich die zentrale Dämpfungsfrequenz der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung gegebenenfalls unter Anpassung an die jeweilige Antriebshohlwelle und unter Berücksichtigung von Einzelheiten der Antriebsstranganordnung an sich variieren. Gegebenenfalls kann ein induktives Element in einem Schaltkreis mit dem Widerstandselement vorgesehen sein, um den elektrischen Strom zu dissipieren.

Die Größe des Widerstandselements kann durch eine Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der Größe und/oder der Frequenz der Schwingungen variiert werden, was mittels eines Sensors erfaßt wird. Alternativ kann die Steifigkeit der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung durch einen elektrischen Stromgenerator gesteuert werden, welcher durch eine Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der Stärke und/oder Frequenz der mit Hilfe eines Sensors erfaßten Schwingungen betreibbar ist. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung kann entweder auf einer äußeren Fläche oder einer inneren Fläche der Antriebshohlwelle (Antriebswellenrohr) angebracht sein. Alternativ kann die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung in die Antriebshohlwelle eingebettet oder integral mit dieser ausgebildet sein. Gegebenenfalls kann eine Mehrzahl von derartigen auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen an der Antriebswelle vorgesehen sein.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung. Darin zeigt:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung, welche eine Antriebshohlwelle umfaßt, welche eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung hat, die an der Außenfläche der erfindungsgemäßen Auslegung angebracht ist,

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung,

Fig. 3 eine schematische Ansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung,

Fig. 4 eine schematische Ansicht einer dritten bevorzugten Ausführungsform einer in Fig. 1 schematisch dargestellten und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung,

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer vierten bevorzugten Ausführungsform einer in Fig. 1 gezeigten und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung.

Fig. 6 eine Seitenansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung, welche eine Antriebshohlwelle umfaßt, welche eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung hat, welche an der inneren Fläche hiervon oder in dieselbe eingebettet gemäß der Auslegung nach der Erfindung vorgesehen ist, und

Fig. 7 eine Seitenansicht einer dritten bevorzugten Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung, welche eine Antriebshohlwelle umfaßt, welche eine Mehrzahl von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen hat, welche bei der erfindungsgemäßen Auslegung an dieser angebracht sind.

Unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung ist in Fig. 1 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung gezeigt, welche nach der Erfindung ausgelegt ist und dort insgesamt mit 10 bezeichnet ist. Die Antriebsstranganordnung 10 umfaßt ein Getriebe 12, welches eine Ausgangswelle (nicht gezeigt) hat, welche mit einer Eingangswelle (nicht gezeigt) einer Achsanordnung 14 über eine Antriebswellenanordnung 16 verbunden ist. Das Getriebe 12 wird durch eine Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) drehangetrieben, welche eine Drehenergie auf übliche Weise erzeugt. Die Antriebswellenanordnung 16 umfaßt eine zylindrische Antriebshohlwelle (Antriebswellenrohr) 18, welches einen Mittelabschnitt und ein Paar von gegenüberliegenden Endabschnitten hat. Die Ausgangswelle des Getriebes 12 und die Eingangswelle der Achsanordnung 14 sind in typischer Weise nicht koaxial ausgerichtet. Um hierfür einen Ausgleich zu schaffen, ist ein Paar von Universalgelenken (Kardangeln) vorgesehen, welche insgesamt mit 24a und 24b bezeichnet sind. Diese Universalgelenke 24a und 24b sind an den Endabschnitten der Antriebshohlwelle 18 vorgesehen, um jeweils die Endabschnitte der Antriebshohlwelle 18 mit der Ausgangswelle des Getriebes 12 und der Eingangswelle der Achsanordnung 14 zu verbinden. Das erste Universalgelenk 24a umfaßt eine Kreuzgelenkgabel 26a, welche fest mit dem vorderen Endabschnitt der Antriebshohlwelle 18 auf eine geeignete Weise, wie beispielsweise durch Schweißen, verbunden ist. Das erste Universalgelenk 24a umfaßt ferner ein Kreuzstück 27a, welches mit der Kreuzgelenkgabel 26a auf eine übliche Weise verbunden ist. Schließlich umfaßt das erste Universalgelenk einen Gabelkopf 28a, welcher mit der Ausgangswelle des Getriebes 12 und dem Kreuzstück 27a verbunden ist. Auf ähnliche Art und Weise umfaßt das zweite Universalgelenk 24b eine Kreuzgelenkgabel 26b, welche fest mit dem hinteren Endabschnitt der Antriebshohlwelle 18 auf übliche Weise, beispielsweise durch Schweißen, verbunden ist. Das zweite Universalgelenk 24b umfaßt ferner ein Kreuzstück 27b, welches mit der Kreuzgelenkgabel 26b auf übliche Weise verbunden ist. Schließlich umfaßt das zweite Universalgelenk 24b einen Gabelkopf 28b, welcher mit dem Kreuzstück (Querstück) 27b und der Eingangswelle der Achsanordnung 14 verbunden ist. Die Antriebsstranganordnung 10 gemäß der voranstehend angegebenen Beschreibung ist auf übliche Weise ausgelegt und diese Auslegungsform soll nur als Beispiel für eine an sich bekannte Konstruktion zur Übertragung einer Drehenergie von einer Quelle auf eine getriebene Einrichtung darstellen.

Bei dem Arbeiten der Brennkraftmaschine 12 wird im allgemeinen eine Vielzahl von unterschiedlichen Schwingungen erzeugt, welche an der Antriebshohlwelle 18 auftreten. Auch die Antriebshohlwelle 18 kann bei einigen Anwendungsfällen eine Drehbewegung bei oder in der Nähe der natürlichen Resonanzfrequenz ausführen, wodurch Vibrationen erzeugt werden können. Unabhängig von dem Ursprung können diese Vibrationen oder Schwingungen zu der Erzeugung von unerwünschten hörbaren Geräuschen führen.

Diesbezüglich ist eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung, welche insgesamt mit 30 bezeichnet ist, an der Antriebshohlwelle 18 angebracht oder auf eine andere sonstige Weise vorgesehen. Der Aufbau und die Funktionsweise der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 werden nachstehend näher beschrieben. Allgemein gesprochen kann die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 eingesetzt werden, um diese Schwingungen dadurch zu dämpfen, daß die physikalischen Schwingungsbewegungen der Antriebshohlwelle 18 in einen elektrischen Strom umgewandelt werden, welcher durch einen Widerstandselement unter Umwandlung zur Wärme dissipiert wird. Durch Verändern der Stärke des Widerstandselements läßt sich die mittlere Dämpfungsfrequenz der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 gegebenenfalls unter Berücksichtigung von spezifischen Einzelheiten der Antriebshohlwelle 18 und/oder der Antriebsstranganordnung 10 variieren. Wie nachstehend noch näher beschrieben wird, kann alternativ die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 als eine aktiv arbeitende Einrichtung eingesetzt werden, wobei durch das Anlegen eines elektrischen Stromes an die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung die Steifigkeit oder die Flexibilität derselben verändert wird. Bei der Erfindung kommt es auch in Betracht, daß eine oder mehrere auf Piezobasis arbeitende Einrichtungen 30 entweder an der Innenfläche oder der Außenfläche der Antriebshohlwelle 18 angebracht werden können oder in die Antriebshohlwelle 18 eingebettet oder mit dieser integral ausgebildet werden können, um Torsions- und Lateralschwingungen bei der Antriebshohlwelle 18 und bei der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 insgesamt entweder passiv oder aktiv zu steuern und zu beeinflussen.

Wie nachstehend noch näher beschrieben werden wird, umfaßt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 ein oder mehrere Elemente, welche aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet sind. Allgemein gesprochen ist ein piezoelektrisches Material ein solches Material, welches einen elektrischen Ausgang erzeugt, wenn eine mechanische Belastung oder Deformation oder umgekehrt anliegt. Typischerweise wird das piezoelektrische Material elektrisch polarisiert, wenn eine mechanische Belastung, beispielsweise Schwingungen, einwirkt, welche während des Arbeitens in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden. Bei der Erfindung kann auch irgendein anderes an sich bekanntes piezoelektrisches Material bei der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 eingesetzt werden, wobei auch piezokeramische Materialien, wie Bleizirkontitanat, in Betracht kommen.

Fig. 2 verdeutlicht eine erste bevorzugte Ausführungsform einer auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30. Wie dort gezeigt ist, umfaßt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 ein Element 31, welches aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet ist, und einen Widerstand 32, welcher in einer elektrischen Schaltung in Serie geschaltet sind. Zusätzlich zu der Erzeugung eines elektrischen Ausgangssignales für den Fall, daß eine mechanische Belastung anliegt, verhält sich das Element 31 elektrisch als ein Kondensator. Somit handelt es sich bei der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 im wesentlichen um eine RC-Schaltung. Wenn die Brennkraftmaschine 12 arbeitet, um die Antriebshohlwelle 18 in Drehung zu versetzen, werden in der Antriebshohlwelle 18 Schwingungen erzeugt. Diese Schwingungen bewirken mechanische Belastungen, welche in das Element 31 eingeleitet werden, wodurch man ein elektrisches Ausgangssignal (beispielsweise eine Spannung) erhält, welche in diesem Element erzeugt wird. Die Spannung wird in einen elektrischen Strom umgewandelt, welcher durch den Widerstand 32 geht, in welchem dieser als Wärme dissipiert wird. Als Folge hiervon arbeitet die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 in Form einer passiven

Dämpfung der Schwingungen, welche in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden.

Wie an sich bekannt, haben RC-Schaltungen eine mittlere Dämpfungsfrequenz, welche durch die Größe des Widerstands und der Kapazität bestimmt ist. Es ist erwünscht, daß die mittlere Dämpfungsfrequenz derart gewählt wird, daß sie in der Nähe der Frequenz der Schwingungen der Antriebshohlwelle 18 liegt, welche mit Hilfe der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 gedämpft werden sollen. Die Größe des gewünschten Widerstands für den Widerstand 32 läßt sich aus dem folgenden Zusammenhang ermitteln:

$$R = \{[1 - (\lambda k^2)/(1 - k^2)]^2 / C\omega\}$$

Wobei R gleich dem Widerstand des Widerstands 32 ist, C die Kapazität des Elements 31 darstellt, k die Transversalverknüpfungskonstante ist,  $\lambda$  die Belastungsenergieaufnahme bedeutet, und  $\omega$  gleich der Frequenz der zu dämpfenden Schwingungen ist. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 kann an irgendeiner gewünschten und geeigneten Stelle mit der Antriebshohlwelle 18 oder einer anderen Komponente der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 vorgesehen sein. Beispielsweise kann es erwünscht sein, die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 an Abschnitten der Universalgelenke 24a und 24b oder sonst irgendwo im Bereich der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 vorzusehen. Die günstigste Stelle für die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 an der Antriebshohlwelle 18 läßt sich auf der Basis von Konstruktionsmodellen, Analysen und Versuchsreihen bestimmen. Im allgemeinen gesprochen jedoch wird die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 üblicherweise an der Antriebshohlwelle 18 im Bereich mit der stärksten Belastung vorgesehen, um die stärksten Schwingungen zu dämpfen und zu reduzieren. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 kann an der Antriebshohlwelle 18 mittels Klebstoff oder auf andere an sich bekannte Weise fest mit dieser verbunden werden.

Die physikalische Größe der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 läßt sich in Abhängigkeit von den Gegebenheiten variieren. Wenn man mehr piezoelektrisches Material in die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30 einbringt, läßt sich mehr Belastungsenergie aufnehmen und in Wärme umwandeln. Die Zugabe an Material führt jedoch zu einer Vergrößerung des Gewichts und kann somit eine Auswirkung auf den Energieausgleich der Antriebshohlwelle 18 haben. Die Menge des in dem Element 31 vorgesehenen piezoelektrischen Materials kann sich in Abhängigkeit von den entsprechenden Einflußgrößen von Fall zu Fall ändern. Der Zusammenhang zwischen der Dämpfung  $\zeta$  der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 und dem Belastungsenergieaufnahmevermögen  $\lambda$  läßt sich wie folgt beschreiben:

$$\zeta = \frac{1}{2}[(\lambda k^2)/(1 - k^2)]^{1/2}$$

wobei  $\lambda$  gleich dem Belastungsenergieaufnahmevermögen ist, und k die Transversalverknüpfungskonstante ist.

Fig. 3 verdeutlicht eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung, welche insgesamt mit 40 bezeichnet ist. Wie dort gezeigt ist, umfaßt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 40 ein Element 41, welches aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet ist, einen Widerstand 42 und einen Induktor 43, welche elektrisch in Reihe geschaltet sind. Somit bildet die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 40 im wesentlichen einen elektrischen RC-Schaltkreis. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 40 arbeitet im wesentlichen auf die gleiche Weise wie die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30, welche zuvor beschrieben worden ist, um Schwingungen

passiv zu dämpfen, welche in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden. Das zusätzliche Vorsehen des Induktors 43 bewirkt, daß mehr elektrischer Strom durch den Widerstand 42 geht, so daß man eine stärkere Dämpfungsgröße als bei der zuvor beschriebenen und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30 erhält. Jedoch ist diese über einen schmalen Dämpfungsfrequenzbereich wirksam. Die Größen der gewünschten Widerstände für den Widerstand 42 und die Induktanz für den Induktor 43 lassen sich aus dem folgenden Zusammenhang ableiten:

$$L = \{C\omega^2[1 + (\lambda k^2)/(1 - k^2)]^2\}^{-1}$$

und

$$R = \{(2)^{1/2}[(\lambda k^2)/(1 - k^2)]^{1/2} / \{C\omega[1 + (\lambda k^2)/(1 - k^2)]\}$$

wobei R gleich dem Widerstand ist, C gleich der Kapazität ist, k gleich der Transversalverknüpfungskonstanten ist,  $\lambda$  das Belastungsenergieaufnahmevermögen darstellt, und  $\omega$  gleich der zu dämpfenden Schwingungsfrequenz ist. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 40 wird bevorzugt bei Tourenfahrzeugen beispielsweise eingesetzt, bei denen die bevorzugte Betriebsweise bei Schwingungen auftritt, die eine Biegungsart der höheren Ordnung darstellt. Die Frequenz dieser Biegungsart besitzt nicht die Neigung, sich sehr stark als eine Funktion der tatsächlichen Grenzbedingungen zu variieren, da die Fahrbahnoberfläche relativ gleichmäßig ist. Somit stellt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 40 ein vergrößertes passives Dämpfungsvermögen bei einer einzigen mittleren Dämpfungsfrequenz bereit.

Fig. 4 verdeutlicht eine dritte bevorzugte Ausführungsform einer auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung, welche dort insgesamt mit 50 bezeichnet ist. Wie dort gezeigt ist, umfaßt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 50 ein Element 51, welches aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet ist, und einen Widerstand 52, welche in Form einer elektrischen Schaltung in Serie geschaltet sind. Somit ist eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 50 im wesentlichen eine elektrische RC-Schaltung. Die Größe des Widerstands des Widerstands 52 ist eine Variable und kann durch eine Steuereinrichtung 53 in Abhängigkeit von der Größe und/oder der Frequenz der Schwingungen mit Hilfe einer Steuereinrichtung 53 gesteuert werden. Die Größe und/oder die Frequenz der Schwingungen wird mit Hilfe eines Sensors 54 erfaßt. Die Steuereinrichtung 53 kann von einem Mikroprozessor oder einer ähnlichen Einrichtung gebildet werden, welche den Widerstand des Widerstands 32 in Abhängigkeit von diesen erfaßten Schwingungen variieren kann, und diese Einrichtung kann in der Antriebshohlwelle 18 vorgesehen sein, oder an einer anderen Stelle des Fahrzeugs angeordnet sein. Der Sensor 54 kann in Form von einer oder mehreren Sensoreinrichtungen ausgelegt sein und kann direkt mit der Antriebshohlwelle 18 verbunden oder an einer anderen geeigneten Position in der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 vorgesehen sein, um elektrische Signale für die Steuereinrichtung 53 zu erzeugen, welche die Größe und/oder die Frequenz der in der Antriebshohlwelle 18 erzeugten Schwingungen darstellen. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 50 arbeitet im wesentlichen auf dieselbe Weise wie die zuvor beschriebene und auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30, um Schwingungen passiv zu dämpfen, welche in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden. Während des Arbeitens kann diese Einrichtung aber auf das Arbeiten der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 nach Maßgabe von bevorzugten Verhältnissen abgestimmt werden. Der regelbare Widerstand 52, die Steuereinrichtung 53 und der Sensor 54 können gegebenenfalls als eine RLC-

Schaltung nach Fig. 3 verschaltet oder verknüpft sein.

Fig. 5 zeigt eine vierte bevorzugte Ausführungsform einer auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung, welche dort insgesamt mit 60 bezeichnet ist. Wie dort gezeigt ist, umfaßt die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 60 ein Element 61, welches aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet ist, und einen Stromgenerator 62, welche in Form einer elektrischen Serienschaltung ausgelegt sind. Der Stromgenerator 62 ist von üblicher Bauart und wird durch eine Steuereinrichtung 63 in Abhängigkeit von der Größe und/der der Frequenz der Schwingungen gesteuert, welche mit Hilfe eines Sensors 64 erfaßt werden. Die Steuereinrichtung 63 kann von einem Mikroprozessor oder einer ähnlichen Einrichtung gebildet werden, welche die Größe des elektrischen Stroms variieren kann, die an dem Element 60 anliegt und zwar in Abhängigkeit von den erfaßten Schwingungen. Diese Schwingungen können in der Antriebshohlwelle 18 oder an einer anderen geeigneten Stelle am Fahrzeug erfaßt werden. Die Steifigkeit des Elements 61 wird nach Maßgabe des elektrischen Stroms gesteuert, die durch den Stromgenerator 63 angelegt wird. Der Sensor 64 kann als eine oder mehrere an sich bekannte Sensoreinrichtung ausgelegt sein und kann direkt an der Antriebshohlwelle 18 oder an einer anderen geeigneten Stelle der Fahrzeugantriebsstranganordnung 10 angebracht sein, um elektrische Signale für die Steuereinrichtung 63 zu erzeugen, welche die Größe und/oder die Frequenz der Schwingungen wiedergeben, die in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden. Die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 60 arbeitet zur aktiven Dämpfung der Schwingungen, welche in der Antriebshohlwelle 18 erzeugt werden.

Unter Bezugnahme auf Fig. 6 ist eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung gezeigt, welche insgesamt mit 10' bezeichnet ist und eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung umfaßt, welche insgesamt mit 30 bezeichnet ist. Diese ist an der Innenfläche der Antriebshohlwelle 18 vorgesehen oder auf eine andere Weise angebracht. Der Aufbau und die Arbeitsweise der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30' können gleich wie zuvor in Verbindung mit den Fig. 2, 3, 4 oder 5 erläutert, getroffen sein, oder es können auch Kombinationen hiervon vorgesehen sein. Alternativ kann die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30' in die Antriebshohlwelle 18 eingebettet oder integral mit dieser ausgebildet sein. Eine solche Auslegung läßt sich beispielsweise dadurch verwirklichen, daß man die Antriebshohlwelle 18 aus einem Verbundmaterial herstellt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 7 ist eine dritte bevorzugte Ausführungsform einer Fahrzeugantriebsstranganordnung gezeigt, welche insgesamt mit 10'' bezeichnet ist. Diese umfaßt ein Paar von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen, welche mit 30a und 30b bezeichnet sind und die an der Außenfläche der Antriebshohlwelle 18 vorgesehen oder auf geeignete Weise angebracht sind. Der Aufbau und die Arbeitsweise der auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30a und 30b kann auf dieselbe Weise wie zuvor in Verbindung mit den Fig. 2, 3, 4 oder 5 oder Kombinationen hiervon gewählt sein. Alternativ kann eine oder es können beide auf Piezobasis arbeitende Einrichtungen 30a und 30b in die Antriebshohlwelle 18 eingebettet oder integral mit dieser ausgebildet sein, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist. Gegebenenfalls kann eine größere Anzahl von derartigen auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen 30a und 30b an der Antriebshohlwelle 18 vorgesehen sein. Aufgrund der sich ändernden Kräfte, die während des Arbeitens der Antriebshohlwelle auftreten, ermöglicht der Einsatz einer Mehrzahl von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung 30a und 30b, daß Dämpfungen an mehreren Bereichen der Antriebshohlwelle 80 vorgenom-

men werden können. Da ferner jede auf Piezobasis arbeitende Einrichtung 30a und 30b eine Dämpfung nur in einem einzigen Schwingungsfrequenzbereich bereitstellt, welche durch die mittlere Dämpfungsfrequenz bestimmt ist, kann bei dem Vorsehen einer Mehrzahl von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen 30a und 30b eine Abstimmung auf unterschiedliche mittlere Dämpfungsfrequenzen erfolgen, um eine Bedämpfung von mehreren Bereichen von Schwingungsfrequenzen zu erzielen. Auch kommt es in Betracht, daß eine passiv arbeitende und auf Piezobasis arbeitende Einrichtung eingesetzt werden kann, um eine Energie zum Betreiben einer aktiv wirkenden und auf Piezobasis arbeitenden Einrichtung zu erzeugen.

Obgleich die Erfindung voranstehend an Hand von bevorzugten Ausführungsformen erläutert und beschrieben worden ist, ist die Erfindung natürlich auf die dort beschriebenen Einzelheiten nicht beschränkt, sondern es sind zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, die der Fachmann im Bedarfsfall treffen wird, ohne den Erfindungsgedanken zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Antriebshohlwelle zum Einsatz in einer Fahrzeugantriebsstranganordnung, welche folgendes aufweist: eine Antriebshohlwelle; und eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60), welche fest an der Antriebshohlwelle (18) zur Dämpfung der in der Antriebshohlwelle erzeugten Schwingungen angebracht ist.
2. Antriebshohlwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60) aus einem piezoelektrischen Material ausgebildet ist.
3. Antriebshohlwelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60) in Form einer elektrischen Schaltung mit einem Widerstandselement (32) ausgelegt ist.
4. Antriebshohlwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60) in Form einer elektrischen Schaltung mit einem Widerstandselement (32) und einem induktiven Element ausgelegt ist.
5. Antriebshohlwelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60) in Form einer elektrischen Schaltung mit einem variablen Widerstandselement (32) ausgelegt ist.
6. Antriebshohlwelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinrichtung (53, 63) vorgesehen ist, welche den Widerstand des Widerstandselements (32) verändert.
7. Antriebshohlwelle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor (54; 64) vorgesehen ist, welcher ein Signal erzeugt, das die Schwingungen in der Antriebshohlwelle (18) darstellt, und daß die Steuereinrichtung (53, 63) in Abhängigkeit von dem Signal von dem Sensor arbeitet und den Widerstand des Widerstandselements (32) verändert.
8. Antriebshohlwelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30'; 40; 50; 60) in Form einer elektrischen Schaltung mit einem Stromgenerator ausgelegt ist.
9. Antriebshohlwelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ferner eine Steuereinrichtung (53; 63) zum Steuern der Arbeitsweise des Stromgenerators

(62) vorgesehen ist.

10. Antriebshohlwelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor (54; 64) vorgesehen ist, welcher ein Signal erzeugt, welches die Schwingungen an der Antriebshohlwelle (18) wiedergibt, und daß die Steuereinrichtung (53, 63) in Abhängigkeit von diesem Signal von dem Sensor (54; 64) das Arbeiten des Stromgenerators steuert.

11. Antriebshohlwelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) auf einer Außenfläche der Antriebshohlwelle (18) angebracht ist.

12. Antriebshohlwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) auf einer Innenfläche der Antriebshohlwelle (18) angebracht ist.

13. Antriebshohlwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) in die Antriebshohlwelle (18) eingebettet ist.

14. Antriebshohlwelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen (30; 30', 40; 50; 60) mit der Antriebshohlwelle (18) zur Dämpfung von Schwingungen verbunden ist, welche an der Antriebshohlwelle (18) erzeugt werden.

15. Fahrzeugantriebsstranganordnung, welche folgendes aufweist:

eine Drehenergiequelle;  
eine drehantriebssbare Achsanordnung (14); und  
eine Antriebswellenanordnung (16), welche zwischen der Drehenergiequelle und der Achsanordnung (14) als Zwischenverbindung vorgesehen ist, wobei die Antriebswellenanordnung (16) eine Antriebshohlwelle (18) und eine auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) umfaßt, welche an der Antriebshohlwelle (18) fest angebracht ist, um Schwingungen zu dämpfen, die an der Antriebshohlwelle (18) erzeugt werden.

16. Fahrzeugantriebsstranganordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) auf einer Außenfläche der Antriebshohlwelle (18) vorgesehen ist.

17. Fahrzeugantriebsstranganordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) auf einer Innenfläche der Antriebshohlwelle (18) vorgesehen ist.

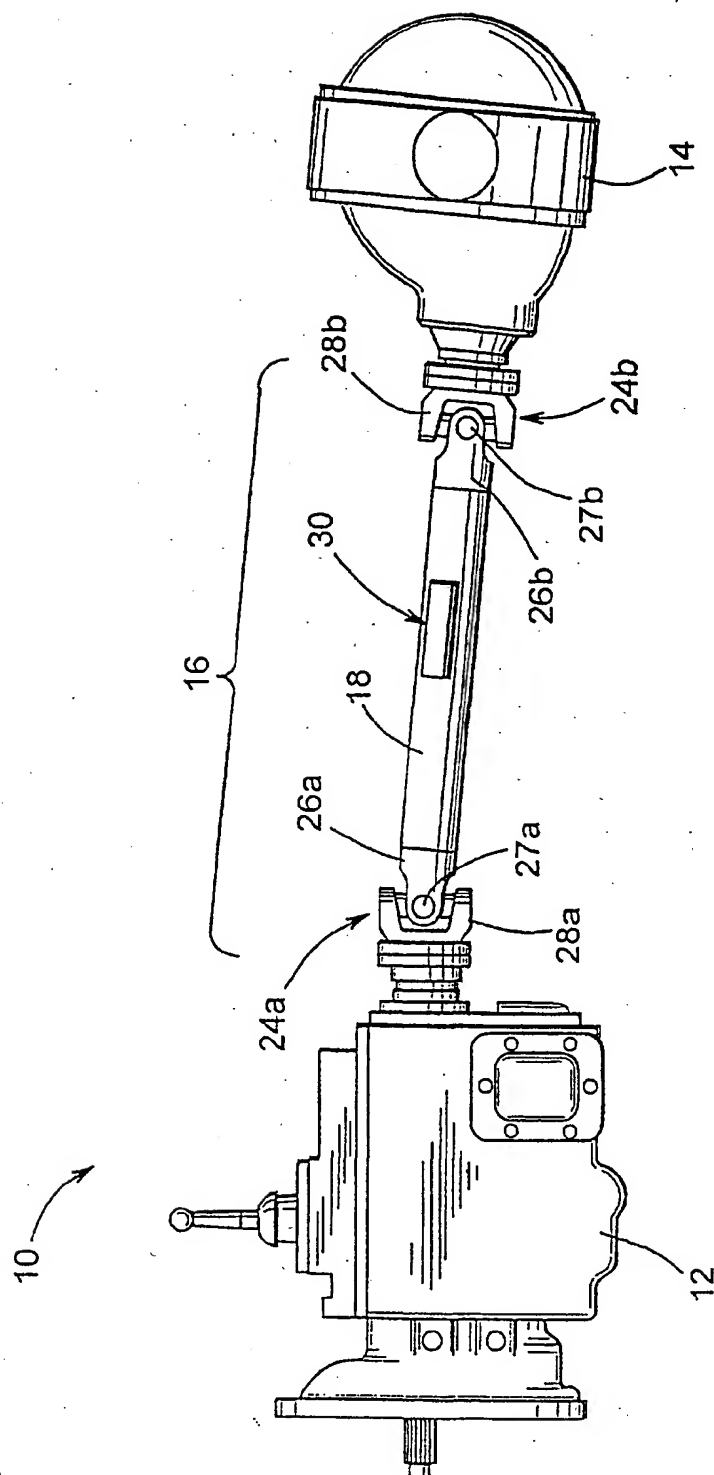
18. Fahrzeugantriebsstranganordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die auf Piezobasis arbeitende Einrichtung (30; 30', 40; 50; 60) in die Antriebshohlwelle (18) eingebettet ist.

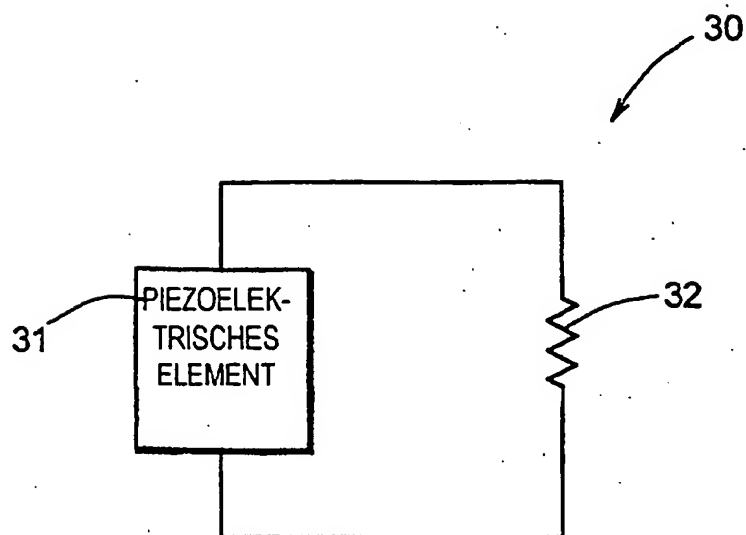
19. Fahrzeugantriebsstranganordnung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von auf Piezobasis arbeitenden Einrichtungen (30; 30', 40; 50; 60) vorgesehen ist, welche fest an der Antriebshohlwelle (18) angebracht sind, um Schwingungen zu dämpfen, welche an der Antriebshohlwelle (18) erzeugt werden.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

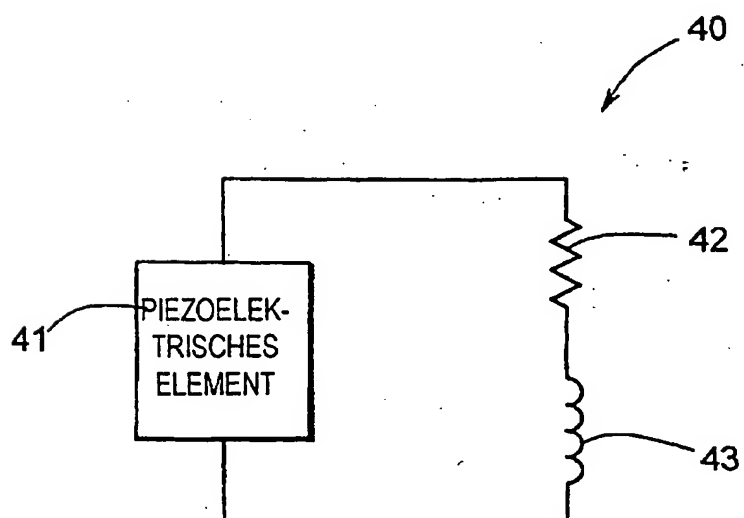


- Leerseite -





**FIG. 2**



**FIG. 3**

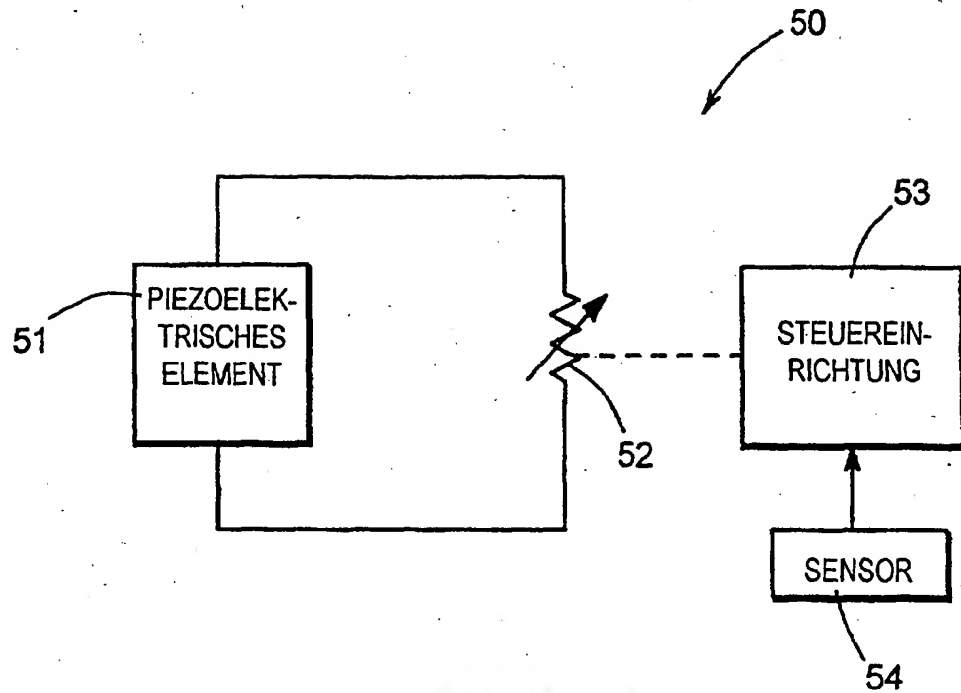


FIG. 4

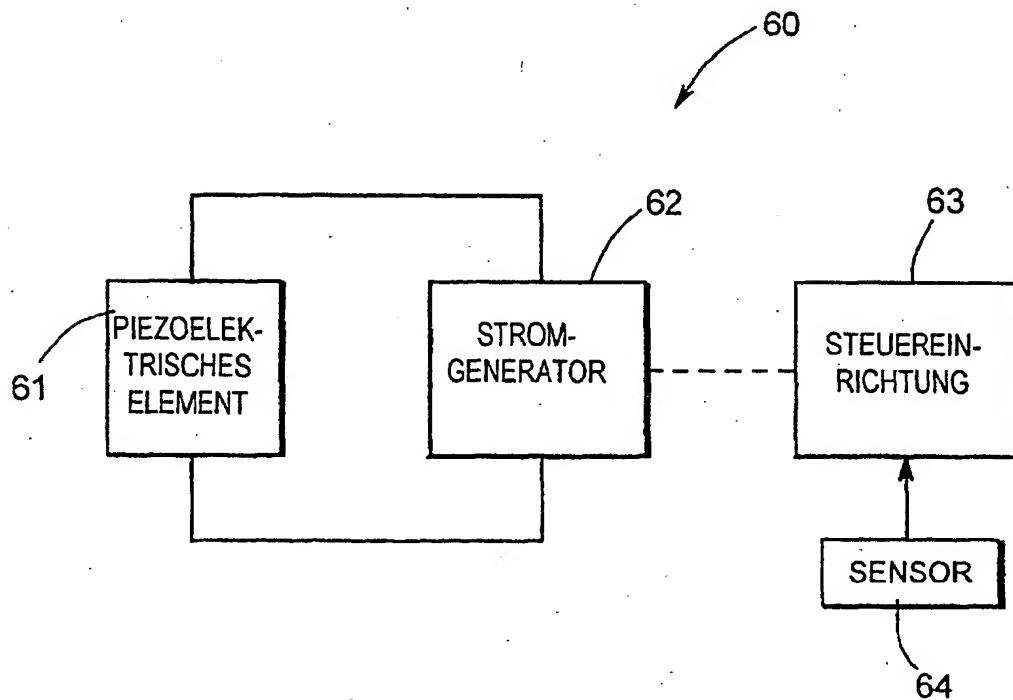


FIG. 5

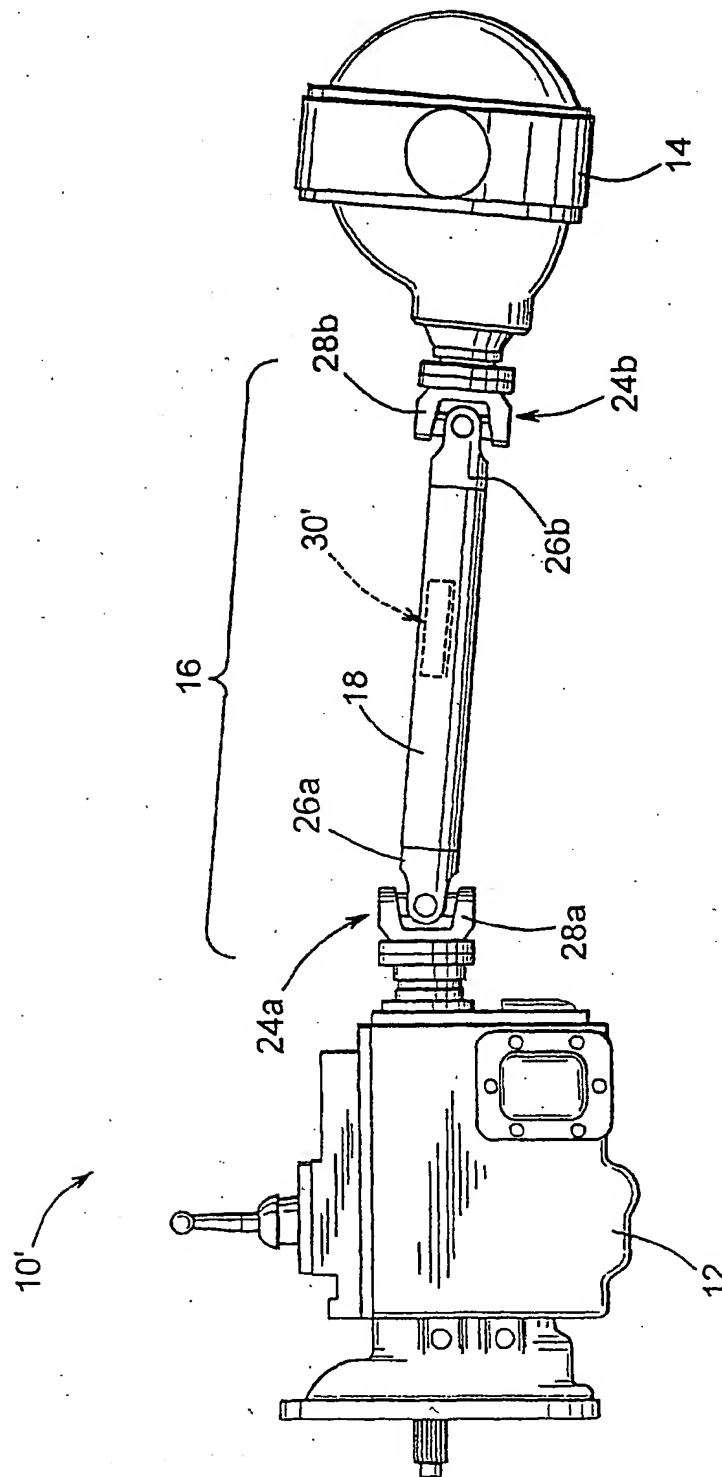


FIG. 6

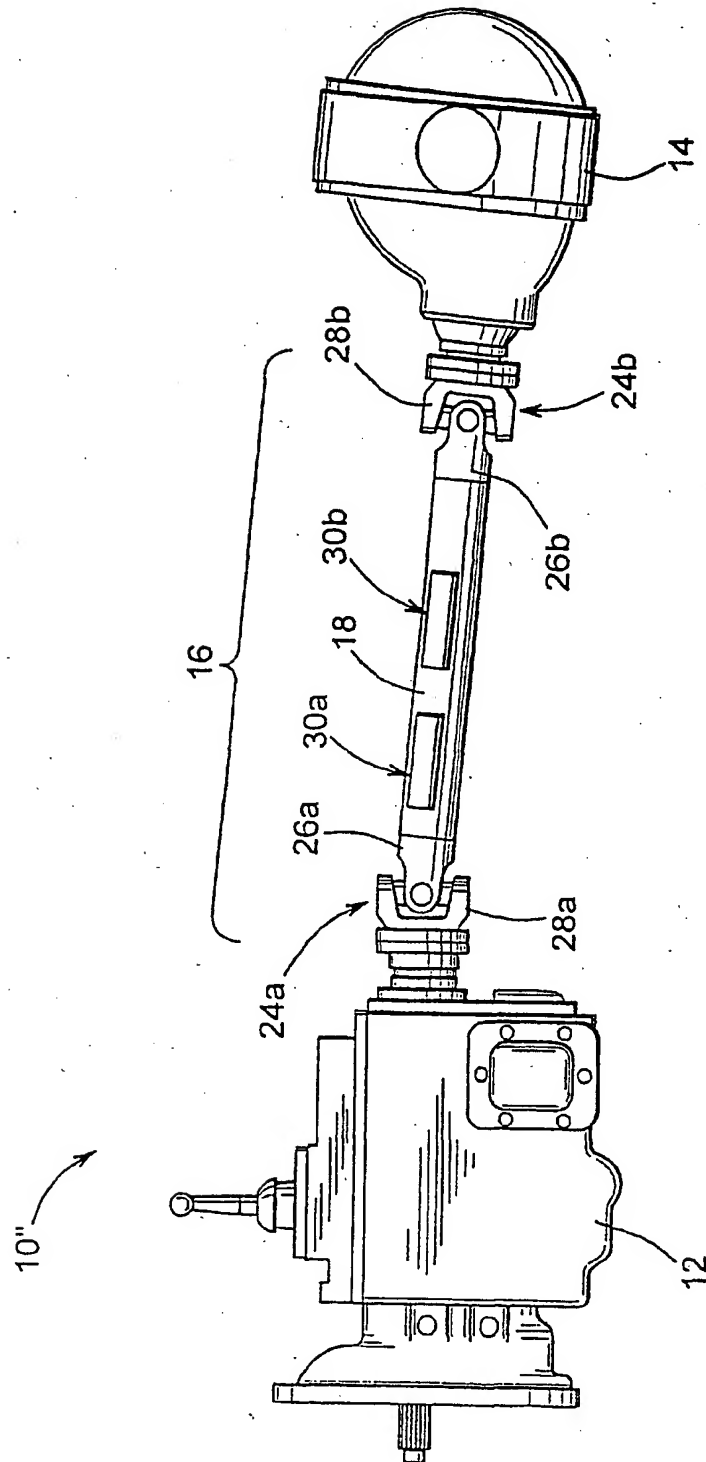


FIG. 7

BEST AVAILABLE COPY